

Научная статья  
УДК 338.24  
doi:10.37614/2220-802X.1.2025.87.005

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ ИННОВАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕГИОНОВ АРКТИКИ

Владимир Сергеевич Жаров<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>Институт экономических проблем имени Г. П. Лузина Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты, Россия, zharov\_vs@mail.ru, ORCID 0000-0002-1877-9214

<sup>2</sup>Филиал Мурманского арктического университета в городе Апатиты, Апатиты, Россия

**Аннотация.** Показано, что устойчивое развитие промышленного производства в первую очередь необходимо обеспечивать в регионах Арктики, но для этого требуется эффективное управление этим процессом, что возможно путем его цифровизации на основе алгоритмизации. Соответственно, целью работы является обоснование и раскрытие этапов алгоритмизации процесса управления устойчивым развитием. Определено, что для эффективного управления устойчивым развитием производственных систем необходимо, во-первых, установление взаимосвязи между их технологическим развитием и уровнем устойчивости. Во-вторых, требуется количественное определение уровней устойчивости. Показано, что решение этих задач возможно при использовании методологии экономического анализа технологического обновления производства. Установлено, что процесс алгоритмизации должен включать четыре основных этапа. На первом этапе выполняется анализ деятельности промышленности арктических регионов за ретроспективный период не менее 15 лет для выявления тенденций изменения значений материалоотдачи, фондоотдачи и коэффициента уровня технологичности производства. На втором этапе на основе графической модели жизненного цикла технологического развития производства и метода балльной оценки за каждый год ретроспективного периода выполняется количественный анализ уровня устойчивости промышленности арктических регионов в целом и по отдельным видам промышленной деятельности. На третьем этапе разрабатывается имитационная динамическая модель аналитического типа для выполнения расчетов возможных уровней устойчивости развития промышленности в перспективе, исходя из инвестиционных ресурсов промышленного производства и вероятной финансовой поддержки самих регионов и государства. Представлена блок-схема такой имитационной модели и рассмотрена процедура выполнения расчетов. На четвертом этапе формируются три возможных сценария развития промышленности с достижением разного уровня устойчивости. В дальнейшем предполагается программная реализация разработанной автором имитационной модели и выполнение расчетов по каждому из трех сценариев развития промышленности арктических регионов.

**Ключевые слова:** регионы Арктики, промышленность, устойчивость развития, процесс управления, этапы цифровизации, сценарии развития, имитационная модель

**Для цитирования:** Жаров В. С. Цифровизация процесса управления устойчивым инновационно-технологическим развитием промышленности регионов Арктики // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2025. № 1. С. 73–86. doi:10.37614/2220-802X.1.2025.87.005.

Original article

## DIGITALIZATION AS A TOOL FOR MANAGING INNOVATION-DRIVEN SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE ARCTIC INDUSTRIAL SECTOR

Vladimir S. Zharov<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>Luzin Institute for Economic Studies of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia, zharov\_vs@mail.ru, ORCID 0000-0002-1877-9214

<sup>2</sup>Apatity Branch of Murmansk Arctic University, Apatity, Russia

**Abstract.** The sustainable development of industrial production is particularly critical in the Arctic regions. However, achieving this goal requires effective management, which can be improved through digitalization based on algorithmic processes. Accordingly, this study aims to substantiate and outline the key stages of algorithmizing the management of sustainable industrial development. The research identifies two essential conditions for effective management: first, establishing the relationship between technological advancement and sustainability levels; second, quantitatively determining sustainability levels. The study demonstrates that these objectives can be addressed using the methodology of economic analysis applied to technological renewal in production. The proposed algorithmization process consists of four stages. The first stage involves analyzing industrial activity in the Arctic regions over a retrospective period of at least 15 years to identify trends in material productivity, capital productivity, and technological development. The second stage employs a graphical life cycle model of

technological development and a scoring method to perform a quantitative assessment of industrial sustainability, both overall and by specific sectors. The third stage involves developing an analytical simulation model to project future sustainability levels based on industrial investment capacity and potential financial support from regional and national governments. A block diagram of this simulation model is presented, along with an overview of the calculation procedure. Finally, the fourth stage formulates three potential industrial development scenarios, each achieving different levels of sustainability. Future research will focus on implementing the simulation model programmatically and conducting scenario-based calculations for the industrial sector in the Arctic.

*Keywords:* Arctic regions, industry, sustainable development, management process, digitalization stages, development scenarios, simulation model

**For citation:** Zharov V. S. Digitalization as a tool for managing innovation-driven sustainable development in the Arctic industrial sector. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poryadka* [The North and the Market: Forming the Economic Order], 2025, no. 1, pp. 73–86. doi:10.37614/2220-802X.1.2025.87.005.

## Введение

Север России, особенно его арктическая часть, является в обозримой перспективе основной «кладовой» топливно-энергетических и минерально-сырьевых ресурсов [1]. Соответственно, для их освоения в этих регионах будет и далее наращиваться промышленное производство, связанное с добычей и первичной переработкой полезных ископаемых, которое, с одной стороны, уже в настоящее время позволяет обеспечивать в этих регионах преобладающую долю получения ВРП [2]. Однако, с другой стороны, такое производство является и основным загрязнителем окружающей природной среды, причем более уязвимой к выбросам загрязняющих веществ по сравнению с остальными регионами страны в связи с более низким уровнем ее ассимиляционной способности поглощать загрязнение [3; 4]. Следовательно, в этих регионах крайне необходимо обеспечение устойчивого развития промышленности, а это возможно лишь за счет ее технологического обновления, то есть использования в производственных процессах технологических инноваций [5; 6]. Именно они позволяют не только снижать объемы выбрасываемых в окружающую среду отходов, но и обеспечивать переработку уже накопленных твердых отходов, прежде всего отвалов забалансовых руд, хвостов обогащения и металлургических шлаков, по сути дела, представляющих собой техногенные месторождения полезных ископаемых.

Однако при общем понимании учеными и практиками важности внедрения в производство таких инноваций конкретных ответов на вопрос о количественных результатах их непосредственного влияния на устойчивое развитие промышленности до сих пор нет [7–10]. Соответственно, недостаточно изученной является и проблема управления устойчивым развитием, так как для обеспечения эффективности процесса управления прежде всего должна быть сформирована система целеполагания, то есть должны быть определены целевые показатели, значения которых должны достигаться в соответствующий перспективный период времени. Для этого, в свою

очередь, необходимые управляющие действия должны быть сформулированы в определенной последовательности в виде соответствующих этапов. При этом в современный период развития информационных систем необходима цифровизация такого процесса управления, основой которого является его алгоритмизация [11–14]. Таким образом, целью работы является формирование этапов такой алгоритмизации, а раскрытие содержания отдельных этапов — ее основной задачей.

## Материалы и методы

Теоретической основой исследования является разработанная нами ранее методология экономического анализа технологического обновления производства [15], в соответствии с которой были сформулированы критерии и индикаторы определения уровней устойчивости либо неустойчивости развития производственных систем: предприятий, отраслей производства, видов промышленной деятельности.

Сущность этой методологии заключается, во-первых, в установлении аналитической пропорциональной зависимости между фондоемкостью и материалоемкостью производства, в которой рост значений коэффициента пропорциональности, названный нами коэффициентом уровня технологичности производства, по сути дела, определяет темп технического прогресса в производственных системах. Во-вторых, было показано, что любая производственная система может развиваться устойчиво и неустойчиво, что отражает понятие «технологическая устойчивость», уровни которой графически отображаются в виде трех стадий устойчивости и трех стадий неустойчивости на графической модели жизненного цикла технологического развития производства (ЖЦТРП). Она теоретически показывает циклическое изменение значений материалоемкости (МО), фондоотдачи (ФО) и коэффициента уровня технологичности производства (Ку<sub>тп</sub>) в процессе его технологического развития. Соответственно, для роста значений этих показателей производственная система должна обеспечивать постоянное

технологическое обновление процессов производства продукции. В работе [15] показано, что наивысший уровень устойчивости отражает лишь одна стадия из трех. Для ее достижения необходимо обеспечивать повышение значений всех трех вышеуказанных базовых показателей одновременно. Однако, как показывает практика анализа деятельности развития производственных систем различного уровня иерархии управления, поддерживать длительное время такое идеальное состояние устойчивости в любой системе невозможно, хотя к этому и нужно стремиться в процессе управления развитием. Дело в том, что на любую систему, в том числе и производственную, действуют различные внешние и внутренние факторы, выводящие ее из идеального устойчивого равновесия. Например, таким существенным фактором может являться недостаток у системы необходимого объема инвестиций для технологического обновления производства (объективный внешний фактор) либо отсутствие в системе требуемого уровня квалификации управленческого персонала (субъективный внутренний фактор).

В результате система может развиваться с разным уровнем устойчивости и, более того, переходить на разные стадии неустойчивости. Таким образом, основной задачей эффективного управления устойчивым развитием производственных систем является обеспечение максимального уровня устойчивости. При этом развитие производства, в соответствии с концепциями Индустрия 4.0 и 5.0, требует автоматизации процесса управления в виде его цифровизации и соответствующей алгоритмизации управленческих действий.

### Результаты и обсуждение

Использование вышерассмотренной методологии для цифровизации процесса управления устойчивостью развития производственных систем позволило выделить следующие четыре этапа формирования алгоритма действий:

- 1) сбор и анализ данных о развитии промышленного производства в соответствующем регионе за ретроспективный период;
- 2) определение уровня устойчивости развития промышленности региона (в целом и отдельно по видам промышленной деятельности);
- 3) разработка имитационной модели для управления устойчивым промышленным развитием региона;
- 4) формирование возможных сценариев развития промышленного производства в регионе с соответствующими расчетами по имитационной модели.

На первом этапе должен быть выполнен ретроспективный анализ динамики значений базовых

показателей, которые в процессе управления являются целеориентированными, то есть МО, ФО и Кутп. Соответственно, необходимо предварительно их рассчитать. Если рассматривать промышленность субъектов РФ в целом и по отдельным видам промышленной деятельности, то тогда можно использовать ежегодные статистические сборники Росстата «Регионы России. Социально-экономические показатели», где представлена необходимая информация по развитию регионов в сопоставимом виде начиная с 2005 г.

Так как одним из основных целевых показателей является МО, то для определения ее значений предварительно необходим расчет валовой добавленной стоимости (ВДС) отдельно по видам промышленной деятельности, а затем и в целом по промышленности. Далее на основе приведенных в статсборнике данных об объемах произведенной и отгруженной продукции в стоимостном выражении определяются значения промежуточного продукта, то есть использованных для производства продукции материальных ресурсов, также по видам промышленной деятельности и по промышленности в целом, что и позволяет затем рассчитать значения МО.

Для расчета ФО используются приведенные в статсборнике данные о стоимости основных фондов на конец каждого года по видам экономической деятельности, в том числе и по видам промышленной деятельности. Соответственно, после расчета МО и ФО определяются и значения Кутп как отношения между ними.

Затем рассматривается динамика изменения значений этих трех показателей, которая теоретически может быть повышательной, понижательной и волнообразной (колебательной). При этом желательно, чтобы значения МО повышались в большей степени, чем значения ФО, что в результате обеспечивает рост значений Кутп и, таким образом, достижение наивысшего уровня устойчивости развития. Однако в действительности ярко выраженных тенденций роста либо уменьшения значений МО и ФО, а следовательно, и Кутп не наблюдается по различным объективным и субъективным причинам, как указывалось выше.

На рисунках 1–9 для сравнения показаны реальные тенденции изменения значений трех показателей за период 2005–2021 г. в промышленности Мурманской области и Ненецкого автономного округа (НАО), входящих в Северо-Западный федеральный округ (СЗФО). При этом необходимо отметить, что Мурманская область является старопромышленным регионом, а НАО, наоборот, регионом нового промышленного освоения.

Приведенные данные на рис. 1–3 показывают, что, например, в НАО в добыче полезных ископаемых

## РАЗВИТИЕ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ РОССИИ

имеют место колебания значений МО. То же самое наблюдается и в Мурманской области. В то же время в этих регионах значения ФО имеют тенденцию снижения. За период 2005–2021 гг. она уменьшилась практически в два раза. В результате Купт имеет тенденцию роста значений, однако эта тенденция не вполне благоприятна. В принципе это означает, что

усложнение добычных работ приводит к увеличению объема основных фондов преимущественно пассивной части, а использование машин и оборудования не обеспечивает снижение удельного расхода материальных и энергетических ресурсов.

Колебательная динамика (рис. 4–6) значений МО наблюдается в обрабатывающем производстве НАО.

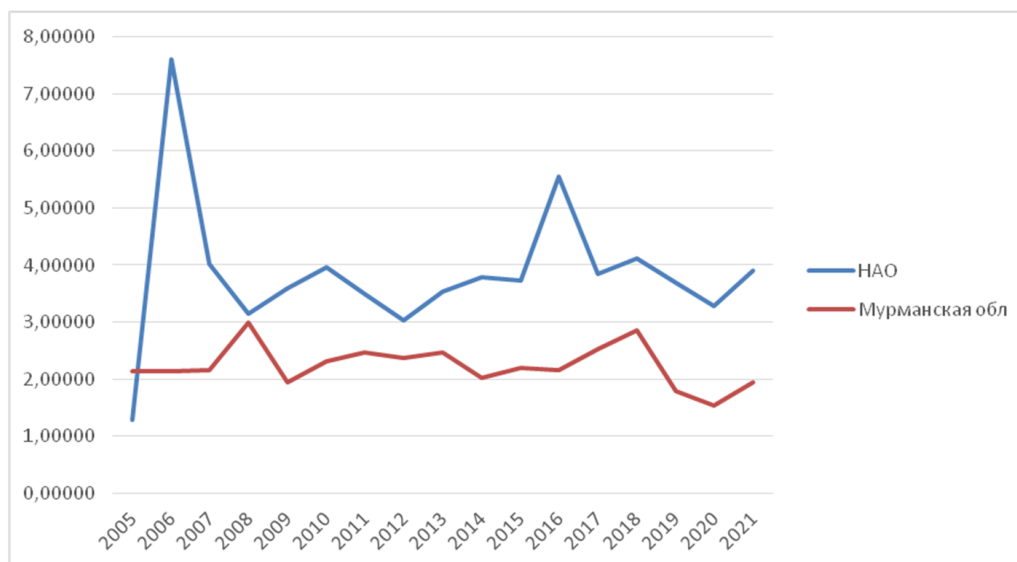


Рис. 1. Динамика материалотдачи в добыче Мурманской области и НАО, руб./руб.

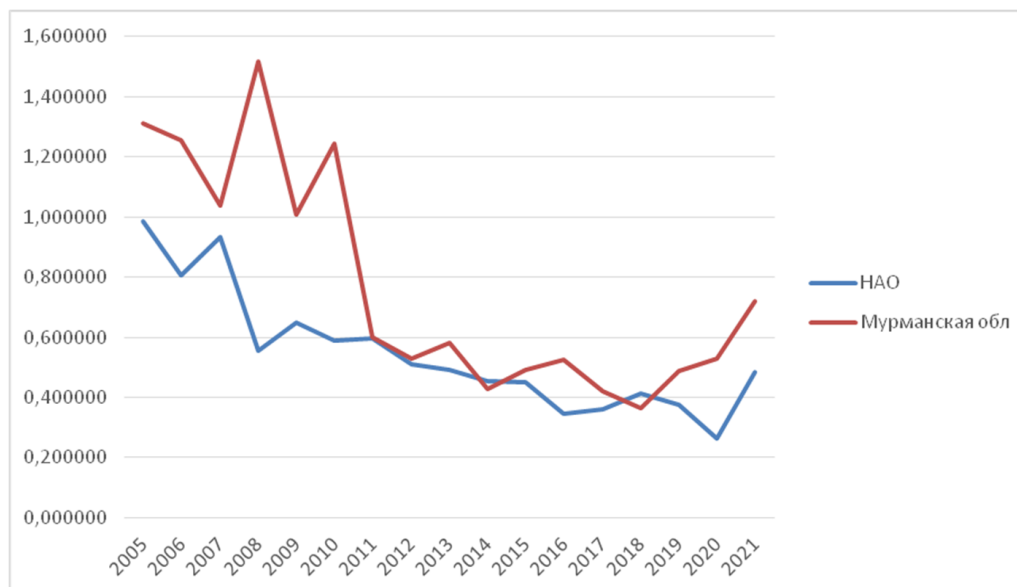
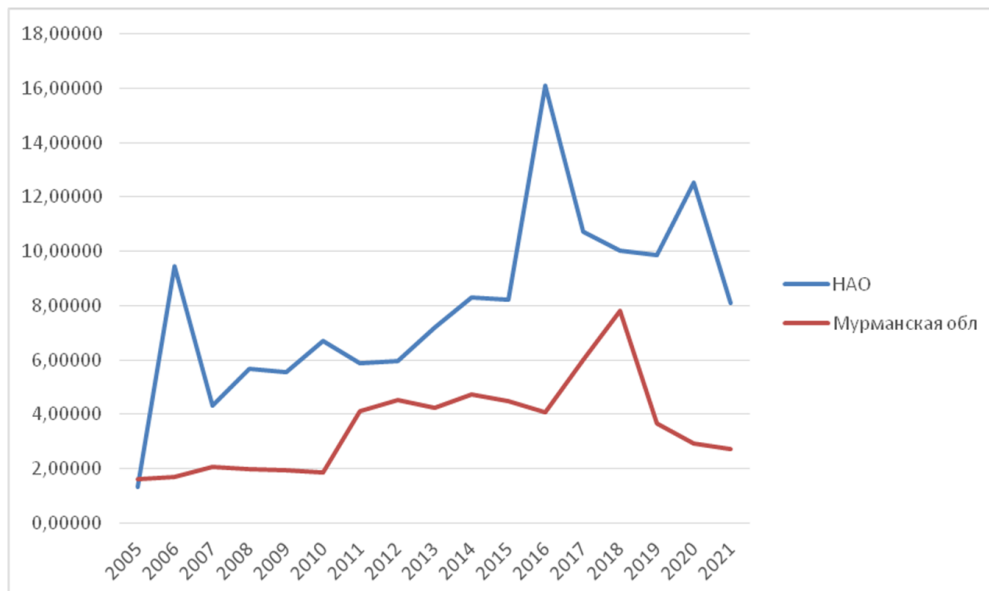
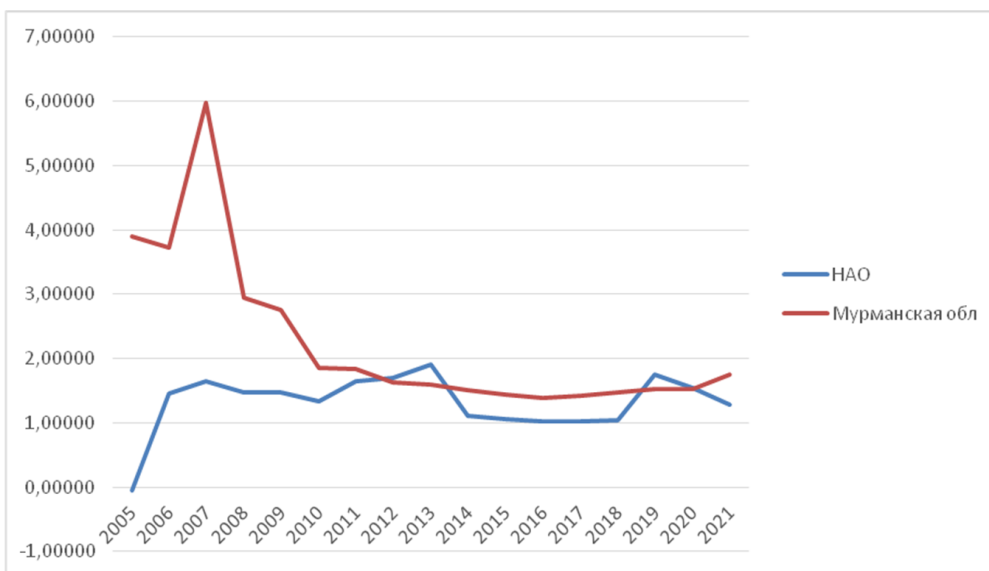


Рис. 2. Динамика фондоотдачи в добыче Мурманской области и НАО, руб./руб.

**РАЗВИТИЕ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ РОССИИ**



**Рис. 3.** Динамика Кутп в добыче Мурманской области и НАО, руб./руб.



**Рис. 4.** Динамика материалоотдачи в обрабатывающих производствах Мурманской области и НАО, руб./руб.

## РАЗВИТИЕ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ РОССИИ

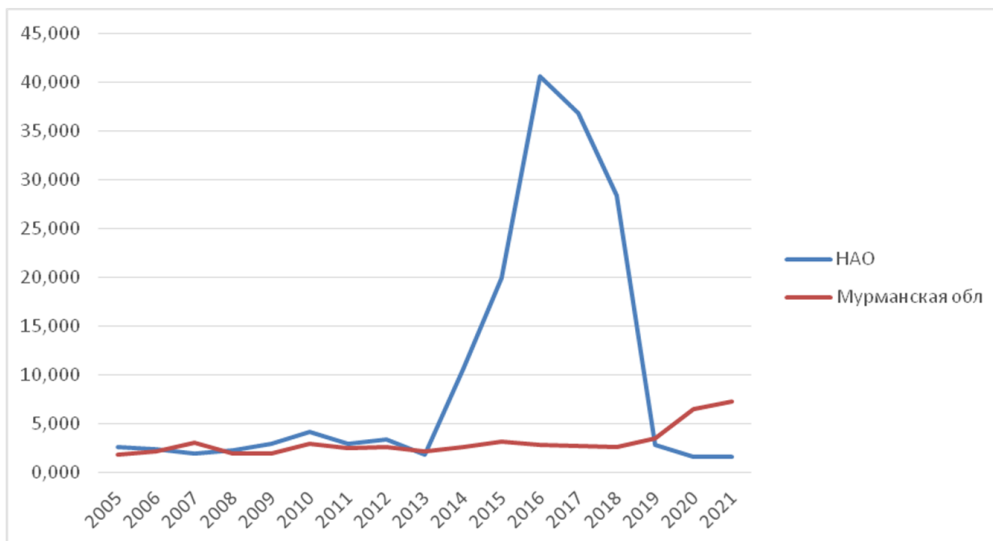


Рис. 5. Динамика фондоотдачи в обрабатывающих производствах Мурманской области и НАО, руб./руб.

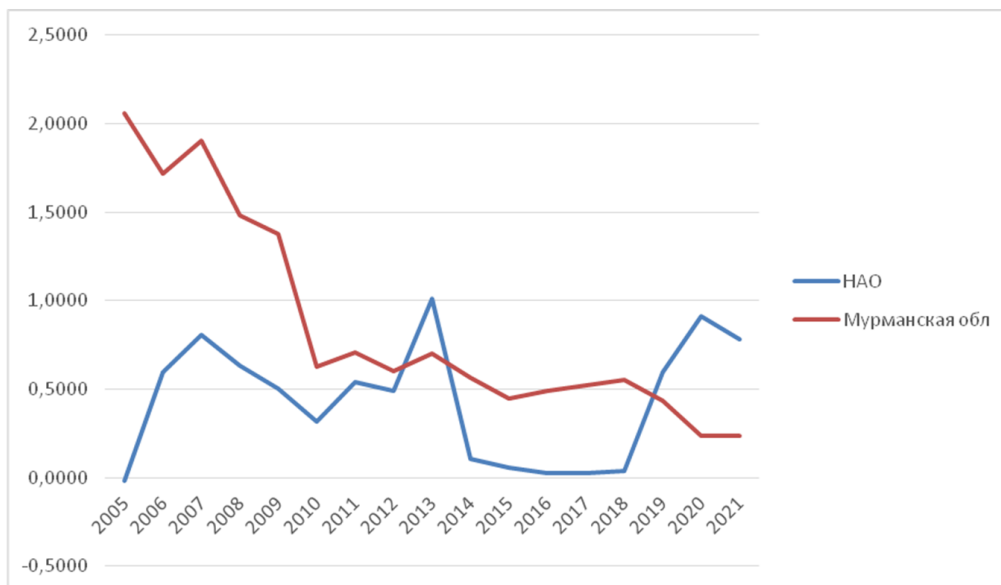


Рис. 6. Динамика Кутп в обрабатывающих производствах Мурманской области и НАО, руб./руб.

В результате за анализируемый период значение МО практически не изменилось, однако ее пиковое значение в 2013 г. более чем в полтора раза превысило значение в 2021 г. При этом в Мурманской области наблюдается устойчивая тенденция снижения МО до 2017 г., а далее уже — тенденция роста ее значений, однако даже в 2021 г. эти значения превысили лишь уровень 2012 г. ФО за рассматриваемый период в НАО резко возростала в 2014–2018 гг., но к 2021 г. опустилась даже ниже уровня 2005 г. При этом в Мурманской области ФО имела незначительные колебания значений, но в последние три года начался ее существенный рост.

В действительности на увеличение значений МО и ФО в обрабатывающем производстве Мурманской области преобладающее влияние оказала модернизация производства на АО «Кольская горно-металлургическая компания».

В НАО колебались и значения Кутп. В результате их значения в конце анализируемого периода незначительно превышают данные 2006 г. В Мурманской области значения Кутп за этот период колебались значительно с преобладающей тенденцией снижения к 2021 г. почти в десять раз и лишь в 2016–2019 гг. был незначительный всплеск их роста.

## РАЗВИТИЕ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ РОССИИ

По промышленности в целом (см. рис. 7–9) в НАО за 15 лет МО снизилась (по отношению к 2006 г.) почти в два раза, а в Мурманской области — в полтора раза. Соответственно, ФО в НАО тоже снизилась в два раза, но в Мурманской области снижение наблюдалось только до 2015 г. в полтора раза, а затем начался рост до конца периода анализа в два раза. В результате

общее увеличение ФО составило почти 40 %. При этом в НАО значения Кутп сильно колебались весь период с преобладающей тенденцией роста к концу периода в четыре раза. В Мурманской области колебания были незначительными с общей тенденцией уменьшения значений почти в два раза.

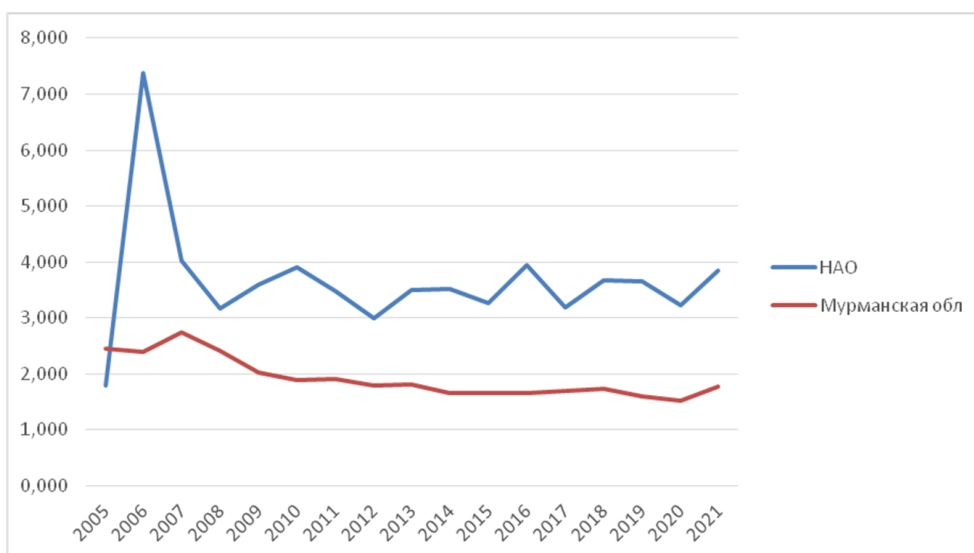


Рис. 7. Динамика материалоотдачи в целом по промышленности Мурманской области и НАО, руб./руб.

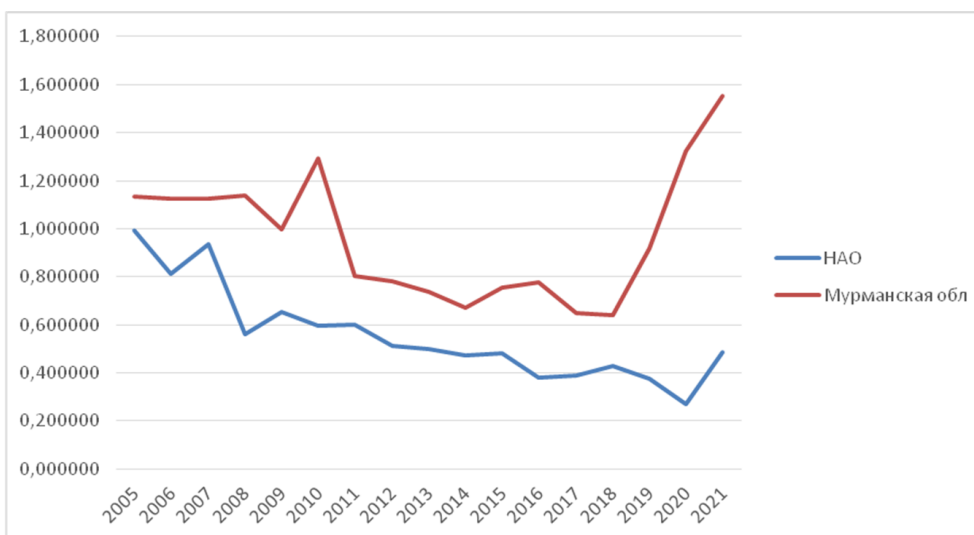


Рис. 8. Динамика фондоотдачи в целом по промышленности Мурманской области и НАО, руб./руб.

## РАЗВИТИЕ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ РОССИИ

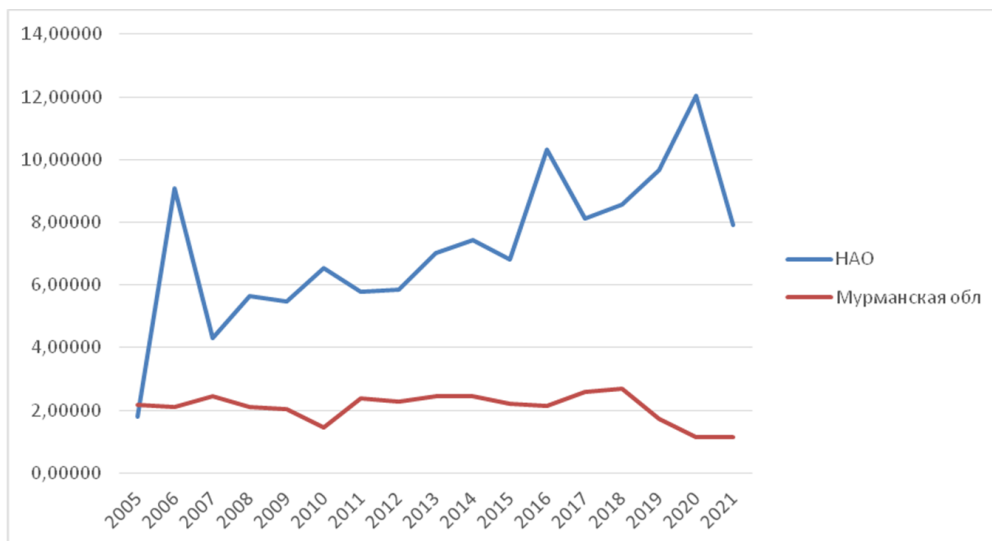


Рис. 9. Динамика Кутп в целом по промышленности Мурманской области и НАО, руб./руб.

Таким образом, выполненный анализ за период 2005–2021 гг. показал, что отсутствие технического прогресса в виде существенного использования новых машин, оборудования и технологий производства в промышленности двух арктических регионов не привело к увеличению значений МО и ФО (за исключением обрабатывающего производства в Мурманской области в последние годы), то есть, с одной стороны, к повышению эффективности производства, а с другой стороны, к возможности повышения уровня его устойчивости.

На втором этапе процесса алгоритмизации за анализируемый период определяется уровень устойчивости развития промышленности субъектов РФ в целом и по отдельным видам промышленной деятельности. Для этого, во-первых, используются данные ежегодных значений МО, ФО и Кутп, анализируемые на первом этапе, во-вторых, график ЖЦТРП для ежегодного определения номеров стадий такого жизненного цикла. Из шести возможных стадий три стадии с номерами 2, 1-1 и 1-2 соответствуют устойчивому развитию, а стадии с номерами 3, 4-1 и 4-2 — неустойчивому развитию. Однако такое определение устойчивости или неустойчивости не вполне показательно, так как не позволяет иллюстрировать динамику изменения уровней устойчивости-неустойчивости. При этом необходимо отметить, что проблема количественного измерения уровня устойчивости развития производственных систем в мировой науке и практике до сих пор однозначно не решена [16–19]. Для этого нами в работе [20] предложен балльный метод оценки этих уровней, где каждой стадии присвоен определенный

балл, характеризующий соответствующий уровень. В этой работе трем уровням устойчивости присвоены баллы от 4 до 6, а уровням неустойчивости — от 1 до 3. В табл. 1–4 показаны оценки уровней устойчивости для промышленности Мурманской области и НАО в целом и по отдельным видам промышленной деятельности. Возможны и другие варианты оценки этих уровней, например: 1, 2, 3 — уровни устойчивости, а -1, -2, -3 — уровни неустойчивости. Главное, что такой подход к оценке устойчивости позволяет, во-первых, определять динамику уровней устойчивости-неустойчивости за любой анализируемый период, а во-вторых, количественно сравнивать уровень устойчивости различных производственных систем. Для этого за любой анализируемый период для сравниваемых систем рассчитывается индекс устойчивости в виде среднего арифметического.

Реализация второго этапа позволяет перейти непосредственно к управлению устойчивостью развития производства в перспективном периоде. Для этого на третьем этапе необходимо разработать имитационную динамическую модель (ИДМ) аналитического типа, в которой можно было бы рассчитать достижение определенного уровня устойчивости развития для каждого года прогнозируемого периода времени исходя из имеющегося у системы или возможного получения объема инвестиционных ресурсов.

Такие ИДМ разрабатывались нами ранее для предприятий и отраслей производства в субъектах РФ, но не для расчета возможного уровня устойчивости развития, а для целевого прогноза возможных темпов промышленного развития экономики регионов.



## РАЗВИТИЕ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ РОССИИ

Таблица 1

Динамика оценки уровня устойчивости по виду экономической деятельности «Добыча» Мурманской области и НАО

Год	Оценка уровня устойчивости	
	НАО	Мурманская область
2006	4	4
2007	3	4
2008	2	5
2009	5	1
2010	4	5
2011	3	4
2012	2	2
2013	4	5
2014	4	2
2015	1	5
2016	4	3
2017	3	4
2018	5	4
2019	1	3
2020	2	3
2021	5	5
Средняя оценка за период 2006–2021	3,25	3,7

Таблица 2

Динамика оценки уровня устойчивости по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» Мурманской области и НАО

Год	Оценка уровня устойчивости	
	НАО	Мурманская область
2006	4	3
2007	4	6
2008	3	1
2009	5	3
2010	3	3
2011	5	2
2012	5	3
2013	4	2
2014	3	3
2015	3	3
2016	3	2
2017	4	4
2018	4	4
2019	4	5
2020	2	5
2021	1	6
Средняя оценка за период 2006–2021	3,6	3,4

Таблица 3

Динамика оценки уровня устойчивости по виду экономической деятельности «Обеспечение электроэнергией, газом и водой» Мурманской области и НАО

Год	Оценка уровня устойчивости	
	НАО	Мурманская область
2006	–	2
2007	–	2
2008	3	5
2009	4	5
2010	1	5
2011	1	2
2012	2	5
2013	6	4
2014	6	4
2015	4	4
2016	–	3
2017	4	3
2018	–	4
2019	–	6
2020	–	2
2021	5	3
Средняя оценка за период 2006–2021	3,6	3,7

Таблица 4

Динамика оценки уровня устойчивости промышленности Мурманской области и НАО

Год	Оценка уровня устойчивости	
	НАО	Мурманская область
2006	–	2
2007	–	2
2008	3	5
2009	4	5
2010	1	5
2011	1	2
2012	2	5
2013	6	4
2014	6	4
2015	4	4
2016	–	3
2017	4	3
2018	–	4
2019	–	6
2020	–	2
2021	5	3
Средняя оценка за период 2006–2021	3,6	3,7

В каждой ИДМ на ее входе должны быть обозначены управляющие параметры, то есть показатели, изменение значений которых при расчетах по модели позволяет всякий раз получать разные результаты на ее выходе. Так как основным финансово-экономическим результатом деятельности предприятий и отраслей производства является получение прибыли, то основой ИДМ аналитического типа должна быть система уравнений, связывающих изменение значений управляющих параметров с расчетом ожидаемой прибыли. Соответственно, после расчета чистой прибыли и амортизационных отчислений как основных источников самофинансирования развития их объем сравнивается с объемом инвестиций, необходимым для достижения задаваемого уровня устойчивости. При этом инвестиции в основной капитал определяются исходя из необходимого объема прироста основных фондов (ОФ), который рассчитывается на основе разницы ФО в прогнозируемом году и предыдущем году, а также на основе необходимого объема восполнения ОФ за счет их выбытия из эксплуатации в прогнозируемом году. Условно предполагается, что прирост инвестиций в оборотный капитал будет обеспечиваться за счет увеличения краткосрочного кредита и кредиторской задолженности.

Основой формирования уравнений, связывающих значения управляющих параметров с расчетом ожидаемой чистой прибыли, является использование предложенного нами ранее метода «конструирования» элементов затрат по их видам, отражаемых в Российской системе бухгалтерского учета, то есть материальных затрат, амортизационных отчислений, заработной платы, отчислений от нее в государственные социальные фонды и прочих затрат. Поэтапный расчет значений этих элементов позволяет определить общий объем затрат и, соответственно, ожидаемую прибыль и чистую прибыль, так как объем стоимости отгруженной продукции определяется значениями управляющих параметров.

Блок-схема расчетов по рассматриваемой ИДМ приведена на рис. 10. Процесс расчета начинается с определения значений констант, используемых в модели, то есть показателей, значения которых не изменяются в процессе расчетов. Далее формируются интервалы значений управляющих параметров от минимально до максимально возможных уровней. При этом желательно, чтобы обеспечивался рост значений всех трех показателей, определяющих устойчивость развития, то есть МО, ФО и Кутп. Однако конкретные интервалы их изменения будут зависеть, во-первых, от их значений в ретроспективном периоде и, во-вторых, от стратегии дальнейшего обеспечения устойчивости развития, определяемой разработкой соответствующих

сценариев развития, являющихся основой содержания четвертого этапа.

На четвертом этапе формируются три основных сценария развития промышленного производства в арктических регионах. Первый сценарий — пессимистический (инерционный), предполагающий продолжение на будущее тенденций ретроспективного периода в отношении изменения значений МО, ФО и Кутп. Таким образом, их изменение в прогнозируемом периоде будет определяться их проанализированной на первом этапе динамикой в ретроспективе. Соответственно, при росте либо снижении их значений ранее такая тенденция будет продолжаться в виде темпов прироста (спада) за весь проанализированный период. При волнообразной динамике в расчет принимается средний темп роста (спада) в последней волне на период второй половины продолжительности этой волны.

Второй сценарий — экологический — определяется возможным увеличением в регионах объемов природоохранных затрат, в том числе на совершенствование технологии производства. При этом будет обеспечиваться уменьшение объемов отходов в действующем производстве и, следовательно, будет повышаться его МО.

Третий сценарий — оптимистический (целевой), в отличие от первого (пессимистического), нацелен на существенную модернизацию действующего промышленного производства с внедрением технологических инноваций и организацией новых производств, в том числе для переработки накопленных объемов твердых отходов. По этому сценарию, в отличие от предыдущего, предполагается существенное увеличение значений МО и Кутп. Однако необходимо отметить, что реализация этого сценария будет возможна лишь при финансовой поддержке предприятий, планирующих значительное технологическое обновление производства, арктическими субъектами РФ, а также государством. При этом в настоящее время наиболее широко используемым вариантом такой помощи предприятиям является частичное снижение налога на прибыль, поступающего в региональный и федеральный бюджеты, при заключении соответствующих специальных инвестиционных контрактов (СПИКов). Может быть использован и более «тонкий» механизм подобной финансовой поддержки в виде предлагаемой нами системы «квазисамофинансирования» инновационной деятельности, суть которой заключается в возврате предприятиям объема налогов на добавленную стоимость и прибыль с той части их увеличения, которая возникает у них в результате существенной технологической модернизации производства и соответствующего снижения его материалоемкости.

РАЗВИТИЕ ОТРАСЛЕЙ И СЕКТОРОВ ЭКОНОМИКИ НА СЕВЕРЕ И В АРКТИКЕ РОССИИ

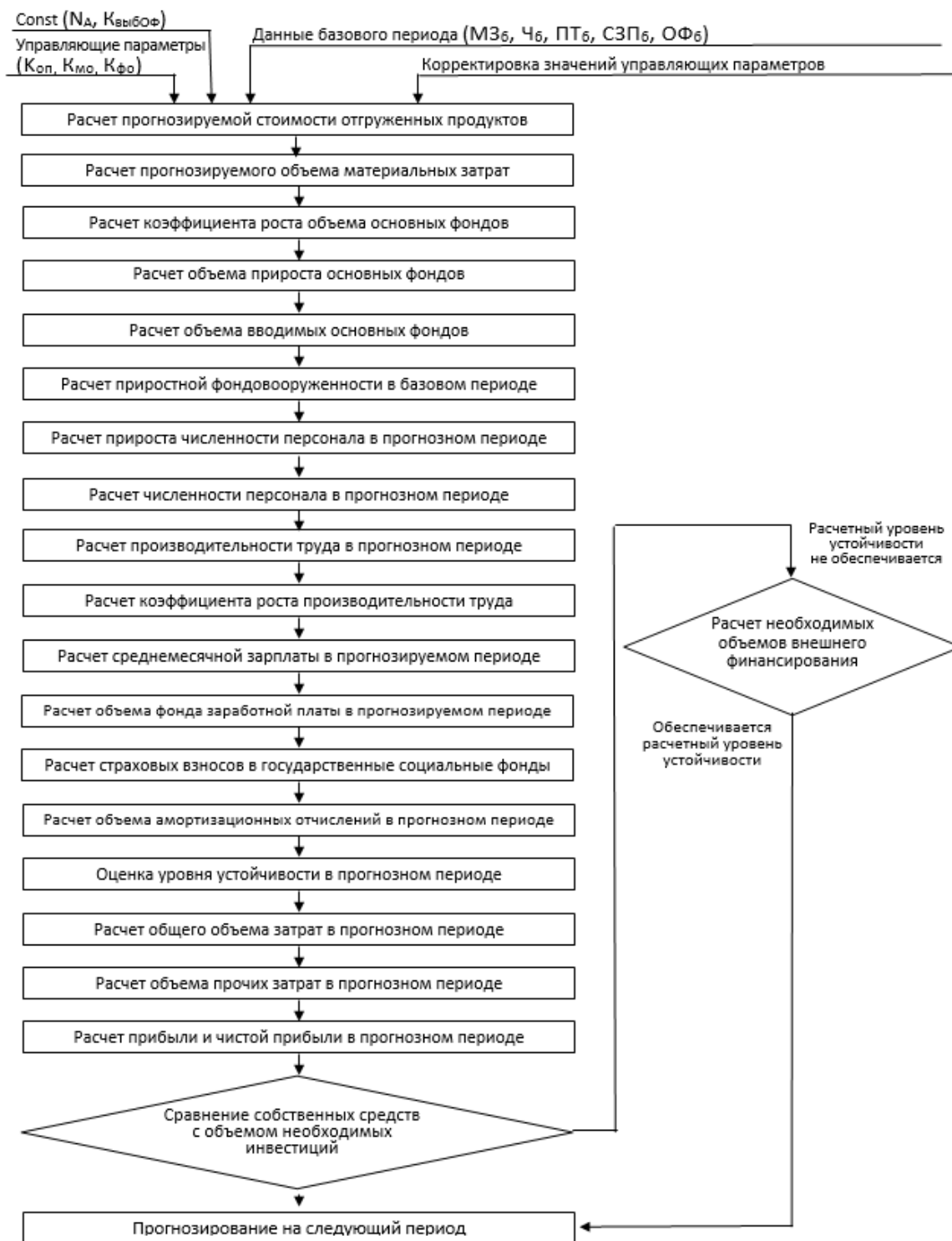


Рис. 10. Блок-схема имитационной динамической модели:

$N_d$  — норма амортизационных отчислений;  $K_{выбОФ}$  — коэффициент выбытия ОФ;  $K_{оп}$  — коэффициент роста (спада) стоимости отгруженной продукции в прогнозируемом году;  $K_{мо}$  и  $K_{фо}$  — коэффициенты изменения значений соответственно материало- и фондоотдачи в прогнозируемом году;  $МЗб$ ,  $Чб$ ,  $ПТб$ ,  $СЗПб$ ,  $ОФб$  — значения в базовом году соответственно материальных затрат, численности работающих, производительности труда, среднемесячной заработной платы и стоимости основных фондов

## Заключение

Представленное исследование показало, что для эффективного управления устойчивым развитием промышленности регионов Арктики необходима цифровизация процесса управления и соответствующая ему алгоритмизация. Сформулированы и раскрыты четыре основных этапа процесса алгоритмизации.

Для реализации двух первых этапов необходимо использовать разработанную нами ранее методологию экономического анализа технологического обновления производства. Для третьего этапа разработана блок-схема имитационной динамической модели аналитического типа и предложена процедура выполнения расчетов по модели.

Для реализации четвертого этапа рассмотрены три основных сценария возможного развития промышленности арктических регионов с достижением различного уровня устойчивости: пессимистический (инерционный), с повышением эффективности

природоохранной деятельности (экологический) и оптимистический (целевой) при осуществлении модернизации технологии производства.

В дальнейшем по трем сценариям развития предполагается проведение серии расчетов по разрабатываемой имитационной модели. Они должны показать возможное достижение в перспективе соответствующего уровня устойчивости промышленного производства при ограничениях на финансовые ресурсы, в том числе по источникам и объемам их получения.

Выполненная автором работа вносит вклад в развитие методологии управления устойчивым развитием производственных экономических систем.

Практическая значимость полученных результатов заключается в раскрытии направлений управления устойчивым развитием промышленности арктических регионов.

## Список источников

1. Арктическое пространство России в XXI веке: факторы развития, организация управления / под ред. акад. В. В. Ивантера. СПб.: Санкт-Петербург-й политехн. ун-т Петра Великого; Наука, 2016. 1016 с.
2. Комплексное развитие экономического пространства Арктической зоны Российской Федерации / А. В. Козлов и др. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. 315 с.
3. Дружинин П. В., Шкиперова Г. Т., Поташева О. В. Оценка влияния экономики на окружающую среду (пространственные аспекты) // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2017. № 3 (54). С. 228–237.
4. Druzhinin, P. V., Shkiperova, G. T. Assessment of the interaction of economic and environmental processes // Economic and social changes: facts, trends, forecast. 2014. V. 2 (32). P. 213–224.
5. Горячевская Е. С. Теоретико-методологические основы оценки устойчивого инновационно-промышленного развития регионов // Друкерровский вестник. 2023. № 3. С. 242–252. DOI: 10.17213/2312–6469–2023–3–242–252.
6. Цукерман В. А., Горячевская Е. С. Влияние инновационной деятельности на социально-экономическое развитие арктических регионов // Друкерровский вестник. 2023. № 2. С. 176–184. DOI: 10.17213/2312–6469–2023–2–176–184.
7. Meshalkin V. P., Dovi' V. G., Marsanich A. Strategy of Chemical Supply Chain Management and Sustainable Development. M.: Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 2003. 542 p.
8. Kates R. W., Parris T. M., Leiserowitz A. A. What is sustainable development? Goals, indicators, values, and practice // Environ. Sci. Policy Sustain. Dev. 2005. No. 47. P. 8–21.
9. Strange T., Bayley A. Sustainable development: Linking economy, society, environment. Paris: OECD Insights, 2008.
10. Kuhlman T., Farrington J. What is Sustainability? // Sustainability. 2010. Vol. 2. P. 3436–3448.
11. Ghobakhloo M. Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability // Journal of Cleaner Production. 2020. P. 119869. [https://doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119869](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869).
12. Zozulya D. M. Digitalization of the Russian economy and industry 4.0: challenges and prospects // Вопросы инновационной экономики 2018. № 8 (1). С. 1–14. [https://doi: 10.18334/vinec.8.1.38856](https://doi.org/10.18334/vinec.8.1.38856).
13. Доржиева В. В. Национальные приоритеты развития промышленного искусственного интеллекта в условиях новых технологических вызовов // Вопросы инновационной экономики. 2022. № 12 (1). [https://doi: 10.18334/vinec.12.1.114205](https://doi.org/10.18334/vinec.12.1.114205).
14. Печаткин В. В., Вильданова Л. М. Уровень цифровизации видов экономической деятельности как фактор их конкурентоспособности в условиях пандемии // Вопросы инновационной экономики. 2021. № 11 (1). С. 47–60. [https://doi: 10.18334/vinec.11.1.111893](https://doi.org/10.18334/vinec.11.1.111893).
15. Meshalkin V. P., Zharov V. S., Leontiev L. I., Nzioka A. M., Belozersky A. Y. Sustainable Environmental Impact Assessment Using Indicators for Sustainable Energy-Intensive Industrial Production // Energies. 2023. Vol. 16 (7). 3172. DOI: 10.3390/en16073172.
16. Dočekalová M. P., Kocmanová A. Composite indicator for measuring corporate sustainability // Ecol. Indic. 2016. No. 61. P. 612–623.

17. Paziienza M., de Jong M., Schoenmaker D. Why Corporate Sustainability Is Not Yet Measured // Sustainability. 2023. No. 15. P. 6275. DOI: 10.3390/su15076275/.
18. Kocmanová A., Šimberová I. Determination of environmental, social and corporate governance indicators: Framework in the measurement of sustainable performance // J. Bus. Econ. Manag. 2014. No. 15. P. 1017–1033.
19. Nikolaou I. E., Tsalis T. A., Evangelinos K. I. A framework to measure corporate sustainability performance: A strong sustainability-based view of firm // Sustain. Prod. Consum. 2019. No. 18. P. 1–18.
20. Zharov V. S. Measuring the sustainability of technological development in production systems: A case study of Northern industries // Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poryadka. 2023. No. 4. P. 19–33. DOI: 10.37614/2220-802X.4.2023.82.002.

## References

1. *Arkticheskoe prostranstvo Rossii v XXI veke: faktory razvitiya, organizatsiya upravleniya* [The Russian Arctic in the XXI century: Development factors and territorial management]. Saint Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; Nauka, 2016, 1016 p. (In Russ.).
2. Kozlov A. V., Fedoseev S. V., Cherepovitsyn A. E., Gutman S. S., Zaichenko I. M., Marinina O. A., Rytova E. V., Tsvetkov P. S., Tochilo M. S. *Kompleksnoe razvitie ekonomicheskogo prostranstva Arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii* [Integrated development of the economy of the Russian Arctic]. Saint Petersburg, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 2016, 315 p. (In Russ.).
3. Druzhinin P. V., Shkiperova G. T., Potasheva O. V. Otsenka vliyaniya ekonomiki na okruzhayushchuyu sredu (prostranstvennye aspekty) [Assessment of the impact of the economy on the environment (spatial aspects)]. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poryadka* [The North and The Market: Forming the Economic Order], 2017, Vol. 54, No. 3, pp. 228–237. (In Russ.).
4. Druzhinin P. V., Shkiperova G. T. Assessment of the interaction of economic and environmental processes. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2014, Vol. 2 (32), pp. 213–224.
5. Goryachevskaya E. S. Teoretiko-metodologicheskie osnovy otsenki ustoichivogo innovatsionno-promyshlennogo razvitiya regionov [Theoretical and methodological foundations for assessing sustainable innovative and industrial development of regions]. *Drukerovskii vestnik* [Drucker's Bulletin], 2023, No. 3, pp. 242–252. DOI: 10.17213/2312-6469-2023-3-242-252. (In Russ.).
6. Tsukerman V. A., Goryachevskaya E. S. Vliyanie innovatsionnoi deyatel'nosti na sotsial'no-ekonomicheskoe razvitie arkticheskikh regionov [The impact of innovation on the socio-economic development of the Arctic regions]. *Drukerovskii vestnik* [Drucker's Bulletin], 2023, No. 2, pp. 176–184. DOI: 10.17213/2312-6469-2023-2-176-184. (In Russ.).
7. Meshalkin V. P., Dovi' V. G., Marsanich A. *Strategy of Chemical Supply Chain Management and Sustainable Development*. Moscow, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 2003, 542 p.
8. Kates R. W., Parris T. M., Leiserowitz A. A. What is sustainable development? Goals, indicators, values, and practice. *Environ. Sci. Policy Sustain. Dev.*, 2005, No. 47, pp. 8–21.
9. Strange T., Bayley A. *Sustainable development: Linking economy, society, environment*. Paris, OECD Insights, 2008.
10. Kuhlman T., Farrington J. What is Sustainability? *Sustainability*, 2010, Vol. 2, pp. 3436–3448.
11. Ghobakhloo M. Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 2020, p. 119869. [https://doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119869](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869).
12. Zozulya D. M. Digitalization of the Russian economy and industry 4.0: challenges and prospects. *Issues of the Innovative Economy*, 2018, Vol. 8 (1), pp. 1–14. [https://doi: 10.18334/vinec.8.1.38856](https://doi.org/10.18334/vinec.8.1.38856).
13. Dorzhieva V. V. Natsional'nye priority razvitiya promyshlennogo iskusstvennogo intellekta v usloviyakh novykh tekhnologicheskikh vyzovov [National priorities for the development of industrial artificial intelligence amidst new technological challenges]. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki* [Russian Journal of Innovation Economics], 2022, Vol. 12 (1). [https://doi: 10.18334/vinec.12.1.114205](https://doi.org/10.18334/vinec.12.1.114205). (In Russ.).
14. Pechatkin V. V., Vildanova L. M. Uroven' tsifrovizatsii vidov ekonomicheskoi deyatel'nosti kak faktor ikh konkurentosposobnosti v usloviyakh pandemii [The level of economic activities digitalization as a competitiveness factor amidst the pandemic]. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki* [Russian Journal of Innovation Economics], 2021, No. 11 (1), pp. 47–60. [https://doi: 10.18334/vinec.11.1.111893](https://doi.org/10.18334/vinec.11.1.111893). (In Russ.).
15. Meshalkin V. P., Zharov V. S., Leontiev L. I., Nzioka A. M., Belozersky A. Y. Sustainable Environmental Impact Assessment Using Indicators for Sustainable Energy-Intensive Industrial Production. *Energies*, 2023, Vol. 16 (7), p. 3172. DOI: 10.3390/en16073172.
16. Dočekalová M. P., Kocmanová A. Composite indicator for measuring corporate sustainability. *Ecol. Indic.*, 2016, No. 61, pp. 612–623.

17. Paziienza M., de Jong M., Schoenmaker D. Why Corporate Sustainability Is Not Yet Measured. *Sustainability*, 2023, No. 15, p. 6275. DOI: 10.3390/su15076275/.
18. Kocmanová A., Šimberová I. Determination of environmental, social and corporate governance indicators: Framework in the measurement of sustainable performance. *J. Bus. Econ. Manag.*, 2014, No. 15, pp. 1017–1033.
19. Nikolaou I. E., Tsalis T. A., Evangelinos K. I. A framework to measure corporate sustainability performance: A strong sustainability-based view of firm. *Sustain. Prod. Consum.*, 2019, No. 18, pp. 1–18.
20. Zharov V. S. Measuring the sustainability of technological development in production systems: A case study of Northern industries. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo porjadka*, 2023, No. 4, pp. 19–33. DOI: 10.37614/2220-802X.4.2023.82.002. (In Russ.).

**Об авторе:**

В. С. Жаров — докт. экон. наук, главный научный сотрудник.

**About the author:**

V. S. Zharov — DSc (Economics), Chief Researcher.

Статья поступила в редакцию 13 сентября 2024 года.

Статья принята к публикации 15 декабря 2024 года.

The article was submitted on September 13, 2024.

Accepted for publication on December 15, 2024.